https://doi.org/10.7494/miag.2020.4.544.59

IURII TSYBULIA HUBERT PRZYGUCKI MAWEJA KASONDE DAMIAN MĄTEWSKI

DEC – diamond enhanced carbides: a new super-hard material with enhanced wear resistance

The paper presents the application of the pulse plasma consolidation (PPC) method in the field of diamond composites sintered under conditions of thermodynamic instability of diamond for the manufacture of tools intended for the cutting of different stones. Diamond enhanced carbides (DEC) are a composite material containing 30% vol of diamond particles and were produced using a mixture of submicron WC6Co (wt %). Due to PPC sintering conditions, dense sinters with a strong bond between the diamond particles and the sintered carbide matrix were obtained. The values of the specific cutting energy and the apparent friction coefficient of DEC cutter were investigated in comparison with the similar devices from PCD and ordinary tungsten carbide. DEC materials sintered in GeniCore confirmed the good market prospects for these materials in both cutting and mining applications.

Key words: metal matrix composite, DEC, SPS, sintering, diamond, cemented carbide

1. INTRODUCTION

Diamond enhanced carbides were developed at the beginning of the XXI century [1, 2] as materials which should combine the best properties of Polycrystalline Diamonds (PCD) based metal matrix composites (MMC) and cemented carbides as known superhard materials. However, there was a technological difficulty in the production of DEC, since diamond is in a metastable phase at the temperature of the sintering of cemented carbides (1400-1500°C) and transforms into graphite. Under high vacuum (at low partial oxygen pressure) at temperatures up to 1400°C, the graphitization proceeds slowly and only occurs on the surface of the diamond particles, whereas above this temperature, the transformation proceeds quickly and occurs throughout the entire particle. In order to avoid graphitization, it is therefore necessary to conduct the sintering process quickly in a vacuum, and at a relatively low temperature. The innovatory Pulse – Plasma – Compaction (PPC) technology met mentioned requirements, because of using of electric current impulses, with the amplitude of the order of several hundred kA, which are generated by discharging a capacitor battery. The patented solution of an electronic switcher and the transformation of PPC puts that technology Pulse – Plasma – Compaction ready for the industrial application and sintering of DEC based composites with improved performance characteristics.

2. EXPERIMENTAL PART

2.1. Materials

The WC-6Co (weight %) composites were produced from mixtures of tungsten carbide (94 weight %) powder with an average grain size of 0.4 μ m and ultrafine-grained cobalt powder (6 weight %). At the second stage 30% vol. of the diamond powder with an average size of about 60 m μ was added to the basic carbide mixture. The powders were dry mixed in a Turbo Mixer made in China according to Schatz's geometry [3] using carbide balls with a 1:1 ball-topowder mass ratio. The mixing time was 5 hours.

2.2. The PPC sintering process

The sintering process was conducted in an apparatus which uses PPC technology, shown in Figure 1, under the following basic conditions. Before the sintering, the chamber was pumped out to a pressure of 1.5×10^{-3} Pa. Then, under a loading force of 100 kN, the sample was heated to a temperature of 800°C for 10 min so as to remove the gases adsorbed on the powder particle surfaces. After degassing, the sample was further heated to reach the required sintering temperature of 1250°C and was maintained at this temperature for 3 min. At the beginning of this stage, the loading force was increased to 212 kN. The final stage included cooling the sample to room temperature, still under a loading force of 212 MPa. All the operations were performed in a vacuum of 1.5×10^{-3} Pa.



Fig. 1. The production system for sintering by the PPC technology manufactured by GeniCore in Poland

2.3. Testing methods

Wear resistance testing of materials by friction against loosely fixed abrasive particles was made in accordance to GOST 23.208-79 [4], as presented in Figure 2.

Cutting tool characterization was made in cooperation with the Mining Engineering Department of the University of Mons based on a series of standardized cutting tests performed on a Rock Strength Device (RSD) developed in the United States of America [5]. Shown in Figure 3, RSD was used to carry out cutting tests at constant speed and depth of cut. It was composed of a two parts frame, one fixed and one mobile, a stepper motor, and a two-dimensional load sensor.



Fig. 2. Test setup diagram according to GOST 23.208-79

1	1
n	1
0	-

Main parameters of wear resistance testing according to GOST 23.208-79		
Parameter name	Value, unit	
Abrasive material (type)	SiC 97C 150–180 μm	
Pressure	44 N	

50 mm

Table 1



Fig. 3. Device for testing friction and wear resistance [6]

The whole device was controlled by a microcomputer which manages both the displacement of the mobile part and the processing of the data coming from the load sensor. The load sensor measured the horizontal F_h and vertical F_v , components of the force F acting on the cutter.

Test roller diameter

The standard test procedure [6] to characterize a cutter consists of 10 cutting tests performed on a reference rock sample (generally Vosges sandstone) and on two other rocks - the Mocca limestone and the Soignies limestone - for a depth of cut going from 0.1 to 1 mm. To perform these tests, the cutting speed is set at 4 mm/s while the back rake angle θ is fixed at 15°. Generally, the tests are carried out on 4 cm lengths. After testing, the effective groove depths are measured with a probe indicator to avoid errors due to the mechanical deformation of the experimental frame.

Based on these tests, two parameters can be determined to characterize the DEC cutter - the specific cutting energy E, which was defined as the horizontal cutting energy required to cut a unit volume of rock (1) and the apparent friction coefficient on the cutting face ζ , which was calculated based on the diagram of the evolution of horizontal and vertical forces versus the active surface of the cutter (2) [7–9, 10].

Due to the similar geometry between DEC cutters and the cutters usually tested in the University of Mons, it was possible to compare the results from tests on Vosges sandstone with those of PDC or Tungsten Carbide cutters from the database of the University of Mons.

$$E = \frac{\int_{C}^{2} F_{t} d\vec{u}}{\int_{C}^{2} S_{g} d\vec{u}}$$
(1)

where:

E – specific energy of cutting,

 F_t – tangential cutting force,

- S_G vertical cross section of the groove,
- \vec{u} tool displacement vector,

C – tool path.

$$\zeta = \frac{S_v}{S_h} \tag{2}$$

where:

- S_{ν} slope of the vertical regression line of the component of the force acting on the active surface,
- S_h slope of the regression line of the horizontal component of the force acting on the active surface.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Comparative results of wear resistance testing of WC-6Co and DEC composites by friction against

loosely fixed SiC abrasive particles are presented in Table 2 and confirm the advances of DEC material sintering by means of the new PPC technology.

The values of the specific cutting energy and the apparent friction coefficient of DEC cutter determined for different stones is provided in Table 3.

Comparison of the wear of DEC cutters for different types of stone is presented in Figures 4 and 5. The DEC cutter tested on Vosges sandstone started to show wear after ten cutting tests (Figs 4 and 5 (a)).

In comparison, the cutters tested on the Mocca limestone (Fig. 5b) or on the Soignies limestone (Fig. 5c) were intact. Although the Soignies limestone is a rock with a higher compressive strength than the other two rocks, no wear by chipping was observed on the DEC cutter tested on this rock. Such wear results were consistent with the abrasiveness of the different rocks. However, for wear by chipping due to repeated impacts, it would be necessary to carry out specific tests for this type of wear to draw final conclusions.

Since the comparison between cutters must be done under specific conditions (same rocks studied, same cutter geometry), only the results obtained with the DEC cutter tested on Vosges sandstone were compared with the results of the database of the University of Mons. Table 4 compares the results of the DEC cutter with the ones of two PCD cutters and one Tungsten Carbide cutter. Based on this comparison, it is possible to state that DEC cutters have an intermediate efficiency to PCD and Tungsten Carbide cutters.

Tuble #			
Comparative wear	resistance of	WC-6Co and	DEC composites

Table 2

Sample Name	Density [g/cm ³]	Δ <i>m</i> [mg]	Relative wear resistance [cm ³ /turn]
DEC	11.23	52	6×10 ⁻⁶
WC-6Co	14.88	104	1.2×10^{-5}

Table 3

Results of the tests performed with the DEC cutters for different rocks and the basic properties of rocks

Rock tested	Density	Compressive strength	<i>E</i> [J/m ³]	ζ
Vosges sandstone	2.2–2.8 g/cm ³	95 MPa	3.75×10 ⁷	0.90
Mocca limestone	2.7 g/cm ³	91 MPa	4.38×10 ⁷	0.75
Soignies limestone	2.7 g/cm ³	159,4 MPa	8.84×10 ⁷	0.89



Fig. 4. Worn out edge of cutter after tests on Vosges sandstone



Fig. 5. Comparison of the cutting edges after tests performed on: a) Vosges sandstone; b) Mocca limestone; c) Soignies limestone

Table 4

Comparison of DEC cutters with PCD and Tungsten Carbide (WC) ones

Cutter's material type	<i>E</i> [MPa]	ζ
PCD typ 1	26.5	0.55
PCD typ 2	20.5	0.57
DEC	37.5	0.90
WC	76	1.00

The higher value of the apparent friction coefficient for DEC materials than PDC cutters is mainly due to the surface condition of DEC cutters. Indeed, the cutting surface is very rough, which tends to increase this coefficient.

It is also important to note that the Tungsten Carbide cutter did not have the same geometry and had a chamfer, in the case of DEC and PCD cutters, the clearance angle was zero degrees, while in the case of a tungsten carbide tool, this angle was non-zero. Therefore, the above comparative data can be only indicative, and more detailed investigations would be necessary to verify the real difference in performance characteristics of DEC and WC based cutters for wider range of rocks.

4. CONCLUSIONS

DEC has tremendous prospects in finding a niche for itself between the PCD and cemented carbides via synergy of the best consumer properties of both known products. The advanced specific features of PPC machines that has been designed and produced by GeniCore, such as extremely high heating speed (up to 1000 K per min) and unique form of the high energy pulses open up the possibility for the sintering of DEC materials based on polycrystalline diamond and with improved wear performance characteristics. The results of preliminary comparative tests of wear resistance of DEC materials which were sintered by GeniCore confirmed the bright market prospects of these materials. Further investigations are needed to meet the different challenges of such important markets as wood machining or the drilling of hard ceramic tiles, concrete, machining of CFRP composites and mining applications.

Acknowledgments

The work was co-financed by the National Center for Research and Development as part of the POIR 1.1.1 project "R&D on the creation of a device for the mass synthesis of a breakthrough diamond-enriched carbide composite" co-financed by the European Regional Development Fund.

References

 Moriguchi H., Tsuzuki K., Ikegaya A.: Diamond dispersed cemented carbide produced without using ultrahigh pressure equipment. In: 15th International Plansee Seminar, eds. G. Kneringer, P. Rodhammer, H. Wildner, Plansee Holding AG, Reutte 2001, 2: 326–336.

- [2] Moriguchi H., Tsuzuki K.: Superhard particle-containing composite material. Japanese patent JP3606311, 5.01.2005.
- [3] Bhoite K., Kakandikar GM., Nandedkar V.M.: Schatz mechanism with 3D-motion mixer – A review. Materials Today: Proceedings 2015, 2: 1700–1706.
- [4] GOST 23.208-79: Ensuring of wear resistance of products. Wear resistance testing of materials by friction against loosely fixed abrasive particles. Gosstandart of the USSR, 11/29/1979
- [5] Dagrain F., Germay C.: Field applications for the scratching tests. Conference Paper, 2006.
- [6] Mitaim S., Dagrain F., Richard T., Detournay E., Drescher A.: A novel apparatus to determine the rock strength parameters. Proceedings of the 9th National Convention on Civil Engineering, Phetburi, Thailand 2004.
- [7] Detournay E., Drescher A., Defourny P., Fourmaintraux D.: Assessment of rock strength properties from cutting tests: preliminary experimental evidence. Proceedings of the Colloquium Mundanum on Chalk and Shales, 1995: 1.1.13–1.1.22. Brussels, Groupement Belge de Mécanique des Roches.
- [8] Adachi J., Detournay E., Drescher A.: Determination of rock strength parameters from cutting tests. 2nd North American Rock Mechanics Symposium, NARM 1996: 1517–1523.
- [9] Richard T., Detournay E., Drescher A., Nicodeme D., Fourmaintraux D.: *The scratch test as a means to measure strength of sedimentary rocks*. Proceedings of the SPE/ISRM Rock Mechanics in Petroleum Engineering Conference 1998: 15–22.
- [10] Dagrain F., Richard T., Germay C.: *The Rock Strength Device: A scratching aparatus to determine rock properties.* Conference paper: The 7th National Congress on theoretical and applied Mechanics NCTAM 2006.

IURII TSYBULIA, Dr. Eng. HUBERT PRZYGUCKI, M.Sc., Eng. MAWEJA KASONDE, Dr. Eng. DAMIAN MĄTEWSKI, M.Sc., Eng. GeniCore Sp. z o.o. ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, Poland hubert.przygucki@genicore.pl

© 2020 Authors. This is an open access publication, which can be used, distributed and reproduced in any medium according to the Creative Commons CC-BY 4.0 License.

IURII TSYBULIA HUBERT PRZYGUCKI MAWEJA KASONDE DAMIAN MĄTEWSKI

DEC – węgliki wzmocnione diamentem: nowy materiał supertwardy o zwiększonej odporności na zużycie

W pracy przedstawiono zastosowanie metody spiekania impulsowo-plazmowego (PPC) w dziedzinie spiekanych kompozytów diamentowych w warunkach termodynamicznej niestabilności diamentu do wytwarzania narzędzi przeznaczonych do cięcia i urabiania różnych kamieni. Węgliki wzmocnione diamentem (DEC – ang. Diamond Enchanced Carbide), w dalszej części tekstu nazywane skrótowo DEC, jako materiał kompozytowy zawierający 30% obj. cząstek diamentu wytworzono, stosując mieszaninę submikronową WC6Co [% wag.]. Dzięki warunkom spiekania PPC uzyskano spieki o wysokiej gęstości z silnym wiązaniem pomiędzy cząstkami diamentu a osnową węglika spiekanego. Badano wartości energii właściwej skrawania i współczynnika tarcia pozornego frezu DEC w porównaniu z podobnymi narzędziami z PCD i zwykłego węglika wolframu. Wyniki badań materiałów DEC spiekanych przez GeniCore potwierdziły dobre perspektywy rynkowe dla tych materiałów do zastosowań w cięciu i górnictwie.

Słowa kluczowe: kompozyt o osnowie metalicznej, DEC, SPS, spiekanie, diament, węglik spiekany

1. WSTĘP

Węgliki wzmocnione diamentem zostały opracowane na początku XXI wieku [1, 2] jako materiały łączące najlepsze właściwości Polikrystalicznych Diamentów (PCD - ang. Policrystaline Diamond) na bazie kompozytów metalowych (MMC - ang. Metal Matrix Composite) i węglików spiekanych znanych jako materiały supertwarde. W produkcji DEC istniał problem technologiczny, ponieważ w temperaturze spiekania węglików (1400–1500°C), diament jest fazą metastabilna i przekształca się w grafit. W warunkach wysokiego podciśnienia (w niskim ciśnieniu cząstkowym tlenu) w temperaturach do 1400°C, grafityzacja przebiega powoli i występuje tylko na powierzchni cząstek diamentowych, natomiast powyżej tej temperatury transformacja przebiega szybko i występuje w całej cząstce. Aby uniknąć grafityzacji, konieczne jest prowadzenie procesu spiekania w podciśnieniu, krótkim czasie i we względnie niskiej wartości temperatury. Innowacyjna technologia spiekania impulsowoplazmowego (PPC) spełnia wymienione wymagania przez wykorzystanie impulsów prądu elektrycznego, o amplitudzie rzędu kilkuset kiloamperów, które są generowane w wyniku wyładowania baterii kondensatorów. Opatentowane rozwiązanie elektronicznego przełącznika i transformacji PPC czyni technologię spiekania impulsowo-plazmowego gotową do zastosowania przemysłowego i spiekania kompozytów na bazie DEC o ulepszonych parametrach.

2. CZĘŚĆ EKSPERYMENTALNA

2.1. Materiały

Kompozyty WC-6Co [% wag.] były produkowane z mieszanek sproszkowanego węglika wolframu (94% wag.) o średniej wielkości ziaren 0,4 µm i bardzo drobnoziarnistego sproszkowanego kobaltu (6% wag.). W drugim etapie dodawano 30% objętościowo sproszkowanego diamentu o średnim rozmiarze około 60 µm do podstawowej mieszanki węglikowej. Proszki były mieszane na sucho w mieszalniku Turbo Mixer wyprodukowanym w Chinach, pracującym w geometrii Schatza [3] z wykorzystaniem kulek węglikowych w proporcji masy kulek do proszku 1:1. Czas mieszania wynosił 5 godzin.

2.2. Proces spiekania PPC

Proces spiekania przeprowadzono w urządzeniu wykorzystującym technologię PPC, przedstawionym

na rysunku 1, w następujących warunkach podstawowych. Przed spiekaniem komora była sprowadzana do ciśnienia 1.5×10^{-3} Pa. Następnie, przy zastosowaniu obciążenia 100 kN, próbka była ogrzewana do temperatury 800°C przez 10 min tak, aby usunąć gazy zaadsorbowane na powierzchniach cząstek proszku. Po odgazowaniu próbka była dalej podgrzewana w celu osiągnięcia wymaganej temperatury spiekania 1250°C i była utrzymywana w tej temperaturze przez 3 min. Na początku tego etapu siła obciążenia wzrosła do 212 kN. Końcowy etap obejmował chłodzenie próbki do temperatury pokojowej, nadal pod obciążeniem 212 MPa. Wszystkie operacje były prowadzone w podciśnieniu 1.5×10^{-3} Pa.



Rys. 1. System produkcyjny do spiekania w technologii PPC wyprodukowany przez GeniCore w Polsce

2.3. Metody testowe

Odporność na zużycie materiałów testowano w warunkach tarcia (oraz mikroskrawania) o luźne ścierniwo w zgodności z GOST 23.208-79 [4], jak przedstawiono na rysunku 2. Główne parametry testowe zamieszczono w tabeli 1.

Charakterystyka narzędzia skrawającego została przygotowana we współpracy z Wydziałem Inżynierii Górnictwa Uniwersytetu w Mons na podstawie serii standaryzowanych testów cięcia zrealizowanych na testerze do badania tarcia i zużycia RSD opracowanym w Stanach Zjednoczonych Ameryki (RSD – ang. *Rock Strength Device*) [5]. Pokazany na rysunku 3 tester RSD wykorzystano do zrealizowania testów



Rys. 2. Schemat testu zgodnie z GOST 23.208-79

Tabela 1		
Główne parametry testu odporności na zużycie zgodnie z GOST 23.208-79		
Nazwa parametru Wartość		

T-1.1. 1

Nazwa parametru	w ariosc
Ścierniwo (typ)	SiC 97C 150–180 μm
Nacisk	44 N
Średnica wałka testowego	50 mm
Prędkość obrotowa	60 obr/min
Czas testu	4 godz.



Rys. 3. Tester do badania tarcia i zużycia [6]

cięcia ze stałą prędkością i głębokością cięcia. Obejmował dwuczęściową ramę, z jedną częścią stałą i jedną ruchomą, silnik krokowy i dwuosiowy czujnik obciążenia. Całe urządzenie było sterowane przez mikrokomputer kierujący skokiem części ruchomej i przetwarzający dane pochodzące z czujnika obciążenia. Czujnik obciążenia mierzył składowe, poziomą F_h i pionową F_v , siły F działającej na narzędzie.

Г

Standardowa procedura testowa [6] do charakteryzowania narzędzia obejmuje 10 testów cięcia realizowanych na próbnej skale odniesienia (piaskowiec z Wogezów) oraz na dwóch innych skałach (wapień Mocca oraz wapień z Soignies) z głębokością cięcia od 0,1 mm do 1 mm. Aby wykonać te testy, prędkość cięcia ustawiono na 4 mm/s, a kąt natarcia narzędzia θ ustawiono na 15°. Ogólnie testy są przeprowadzane na długości 4 cm. Po przetestowaniu głębokości wytworzonych bruzd są mierzone sondą w celu uniknięcia błędów spowodowanych mechanicznym odkształceniem eksperymentalnej ramy.

Na podstawie tych testów można ustalić dwa parametry w celu scharakteryzowania narzędzia DEC – energia właściwa cięcia E, która została zdefiniowana jako energia cięcia poziomego konieczna do wycięcia objętości jednostkowej skały (1) [10] i współczynnik tarcia pozornego na powierzchni cięcia ζ , który został obliczony na podstawie schematu zmiany sił poziomych i pionowych względem czynnej powierzchni narzędzia (2) [7–9, 10].

Dzięki podobnej geometrii narzędzi DEC i narzędzi zwykle testowanych na Uniwersytecie w Mons możliwe było porównanie wyników testów na piaskowcu z Wogezów z narzędziami z PCD lub węglika wolframu z bazy danych Uniwersytetu w Mons.

$$E = \frac{\int_{C}^{2} F_{t} d\vec{u}}{\int_{C}^{2} S_{g} d\vec{u}}$$
(1)

gdzie:

- E energia właściwa cięcia,
- F_t styczna siła skrawania,
- S_G pionowy przekrój poprzeczny rowka,
- \vec{u} wektor przemieszczenia narzędzia,
- C ścieżka narzędzia.

$$\zeta = \frac{S_v}{S_h} \tag{2}$$

gdzie:

- S_v nachylenie linii regresji pionowej składowej siły działającej na powierzchnię aktywną,
- S_h nachylenie linii regresji poziomej składowej siły działającej na powierzchnię aktywną.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

Porównawcze wyniki testów odporności na zużycie ścierne kompozytów WC-6Co i DEC przez tarcie o luźno związane cząstki ścierne SiC są przedstawione w tabeli 2 i potwierdzają one zalety materiału DEC spiekanego nowoczesną technologią PPC. Wartości energii właściwej cięcia i współczynnika tarcia pozornego narzędzia DEC ustalone dla różnych skał podano w tabeli 3.

Porównanie zużycia narzędzi DEC na różnych rodzajach skał przedstawiono na rysunkach 4 i 5. Narzędzie DEC przetestowane na piaskowcu z Wogezów zaczęło wykazywać zużycie po dziesięciu testach cięcia (patrz rys. 4 i 5a).

Dla porównania narzędzia przetestowane na wapieniu Mocca (rys. 5b) lub wapieniu z Soignies (rys. 5c) nie wykazywały śladów zużycia. Choć wapień z Soignies to skała o wyższej wytrzymałości na ściskanie niż dwie pozostałe skały, nie zaobserwowano zużycia w postaci wykruszania w przypadku narzędzia DEC przetestowanego na tej skale. Takie wyniki zużycia były zgodne z własnościami ściernymi poszczególnych skał. Jednak, jeśli chodzi o zużycie w postaci wykruszania w wyniku powtarzanych uderzeń, konieczne byłoby zrealizowanie specjalnych testów na ten typ zużycia w celu wyciągnięcia ostatecznych wniosków.

Ponieważ porównanie narzędzi tnących musi być dokonane w określonych warunkach (takie same badane skały, taka sama geometria narzędzia), tylko wyniki uzyskane dla narzędzia DEC przetestowanego na piaskowcu z Wogezów zostały porównane z wynikami z bazy danych Uniwersytetu w Mons. Tabela 4 zestawia porównanie wyników narzędzia DEC z wynikami dwóch narzędzi skrawających PCD i jednego narzędzia z węglika wolframu. Na podstawie powyższego porównania można stwierdzić, że efektywność narzędzi DEC jest pomiędzy narzędziami tnącymi PCD a tymi z węglika wolframu.

	Tabela 2
Porównanie odporności na	zużycie kompozytów WC-6Co i DEC

Oznaczenie własne	Gęstość [g/cm³]	Δ <i>m</i> [mg]	Zużycie [cm³/obr]
DEC	11,23	52	6×10 ⁻⁶
WC-6Co	14,88	104	$1,2 \times 10^{-5}$

Tabela 3

Wyniki testów wykonanych narzędziami DEC na różnych skałach oraz podstawowe właściwości skał

Testowana skała	Gęstość	Wytrzymałość na ściskanie	<i>E</i> [J/m ³]	ζ
Piaskowiec z Wogezów	$2,2-2,8 \text{ g/cm}^3$	95 MPa	3,75×10 ⁷	0,90
Wapień Mocca	$2,7 \text{ g/cm}^3$	91 MPa	4,38×10 ⁷	0,75
Wapień z Soignies	2,7 g/cm ³	159,4 MPa	8,84×10 ⁷	0,89



Rys. 4. Zużyta krawędź narzędzia po testach na piaskowcu z Wogezów



Rys. 5. Porównanie krawędzi tnących po testach zrealizowanych na: a) piaskowcu z Wogezów; b) wapieniu Mocca; c) wapieniu z Soignies

Tabela 4

Porównanie narzędzi DEC z narzędziami z PCD i węglika wolframu (WC)

Typ materiału narzędzia	<i>E</i> [MPa]	ζ
PCD typ 1	26,5	0,55
PCD typ 2	20,5	0,57
DEC	37,5	0,90
WC	76	1,00

Wyższa wartość współczynnika tarcia pozornego materiałów DEC niż w przypadku narzędzi tnących z PCD jest głównie wynikiem stanu powierzchni narzędzi DEC. W istocie powierzchnia cięcia jest bardzo szorstka, co na ogół zwiększa ten współczynnik. Należy także odnotować, że narzędzie z węglika wolframu nie miało tej samej geometrii, w przypadku narzędzi DEC oraz PCD kąt przyłożenia wynosił zero stopni, natomiast w przypadku narzędzia z węglika wolframu kąt ten był niezerowy. Dlatego powyższe dane porównawcze mogą być tylko wskazaniem i konieczne byłyby bardziej szczegółowe badania w celu ustalenia rzeczywistej różnicy w parametrach narzędzi z DEC i WC dla większej gamy skał.

4. WNIOSKI

DEC ma dużą szansę na znalezienie niszy pomiędzy materiałami PCD i weglikami spiekanymi dzieki synergii najlepszych właściwości użytkowych obu znanych produktów. Zaawansowane właściwości maszyn pracujących w technologii PPC, które zostały zaprojektowane i wytworzone przez GeniCore, takie jak bardzo duża szybkość nagrzewania (do 1000 K na min) i unikalna forma wysoko energetycznych impulsów, otwierają możliwość spiekania materiałów DEC opartych na polikrystalicznych diamentach o podwyższonej odporności na ścieranie. Wyniki wstępnych testów porównawczych odporności na zużycie materiałów DEC, które zostały poddane spiekaniu przez firmę GeniCore, potwierdziły przydatność kompozytu DEC w zastosowaniach przemysłowych. Dalsze badania powinny wykazać przydatność nowego materiału do zbrojenia narzędzi specjalistycznych do obróbki drewna i kompozytów CFRP z dużymi prędkościami, wiercenia i frezowania w twardych materiałach niemetalowych oraz w narzędziach górniczych.

Podziękowania

Praca powstała przy współfinansowaniu z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu POIR 1.1.1 "Prace B+R nad stworzeniem urządzenia do masowej syntezy przełomowego kompozytu węglików wzbogaconych diamentem" współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Literatura

- Moriguchi H., Tsuzuki K., Ikegaya A.: Diamond dispersed cemented carbide produced without using ultrahigh pressure equipment. W: 15th International Plansee Seminar, eds. G. Kneringer, P. Rodhammer, H. Wildner, Plansee Holding AG, Reutte 2001, 2: 326–336.
- [2] Moriguchi H., Tsuzuki K.: Superhard particle-containing composite material. Japanese patent JP3606311 (2005-01-05).
- [3] Bhoite K., Kakandikar GM., Nandedkar V.M.: Schatz mechanism with 3D-motion mixer – A review. Materials Today: Proceedings 2015, 2: 1700–1706.
- [4] GOST 23.208-79: Ensuring of wear resistance of products. Wear resistance testing of materials by friction against loosely fixed abrasive particles, Gosstandart of the USSR, 11/29/1979
- [5] Dagrain F., Germay C.: Field applications for the scratching tests. Conference Paper, 2006.
- [6] Mitaim S., Dagrain F., Richard T., Detournay E., Drescher A.: A novel apparatus to determine the rock strength parameters. Proceedings of the 9th National Convention on Civil Engineering, 2004. Phetburi, Thailand 2004.
- [7] Detournay E., Drescher A., Defourny P., Fourmaintraux D.: Assessment of rock strength properties from cutting tests: preliminary experimental evidence. Proceedings of the Colloquium Mundanum on Chalk and Shales, 1995: 1.1.13–1.1.22. Brussels, Groupement Belge de Mécanique des Roches.
- [8] Adachi J., Detournay E., Drescher A.: Determination of rock strength parameters from cutting tests. 2nd North American Rock Mechanics Symposium, NARM 1996: 1517–1523.
- [9] Richard T., Detournay E., Drescher A., Nicodeme D., Fourmaintraux D.: *The scratch test as a means to measure strength of sedimentary rocks.* Proceedings of the SPE/ISRM Rock Mechanics in Petroleum Engineering Conference 1998: 15–22.
- [10] Dagrain F., Richard T., Germay C.: *The Rock Strength Device: A scratching aparatus to determine rock properties.* Conference paper: The 7th National Congress on theoretical and applied Mechanics NCTAM 2006.

dr inż. IURII TSYBULIA mgr inż. HUBERT PRZYGUCKI dr inż. MAWEJA KASONDE mgr inż. DAMIAN MĄTEWSKI GeniCore Sp. z o.o. ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa hubert.przygucki@genicore.pl

© 2020 Autorzy. Jest to publikacja ogólnodostępna, którą można wykorzystywać, rozpowszechniać i kopiować w dowolnej formie zgodnie z licencją Creative Commons CC-BY 4.0.